

인간과 환경 Chap.7 에너지자원

강의담당 : 김성욱

서강대학교

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

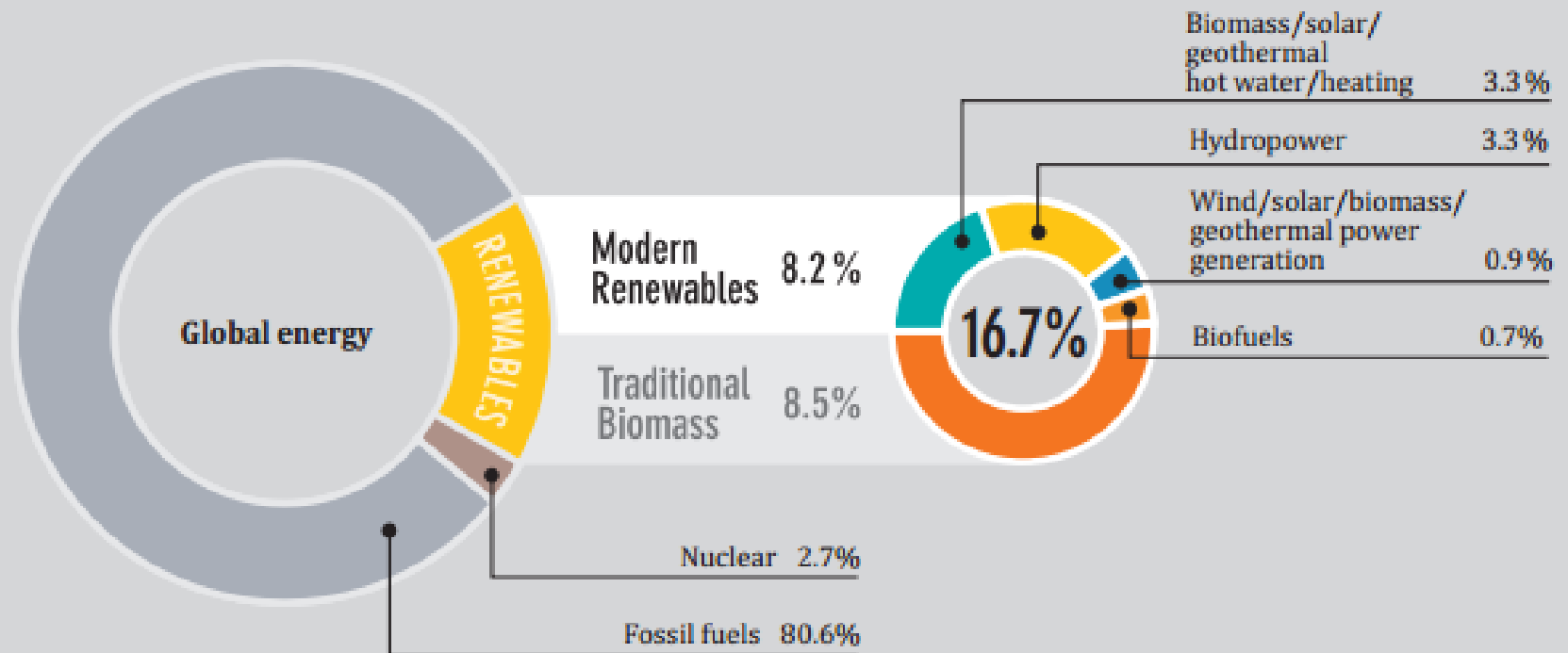
지구를 가열하는 에너지

- 지구를 데워주는 대부분의 에너지는 태양에너지
 - 태양이 없다면 지구 평균온도는 -240°C
- 간접적인 태양에너지
 - 풍력, 수력, 바이오매스에너지
- 나머지 1%는?
 - 태양에너지 보충용
 - 구입가능한 상업용에너지, 자체소비용 에너지(목재나 배설물, 작물 찌꺼기 등)
- 주요 상업용에너지는 주로 화석연료

상업용에너지의 구성

- 최종 에너지 수요의 약 83%는 재생불능자원
 - 화석연료 80.6%, 원자력 2.7%
- 16.7%는 재생가능한 에너지자원
 - 전통 바이오매스 8.5%, 수력 3.3%, 지열, 풍력, 태양에너지 등
- 세계 개도국 인구의 절반 정도는 나무와 숯 이용
 - 전통적 의미의 바이오매스
 - 이들이 '재생가능'하려면 생장보다 벌목이 느려야 할 것...느리나?
 - 생장할 수 있으려면 '심어야' 할 것... 심나?
- 또 다른 문제) 목재 연소입자로 인한 실내대기오염

FIGURE 1. RENEWABLE ENERGY SHARE OF GLOBAL FINAL ENERGY CONSUMPTION, 2010

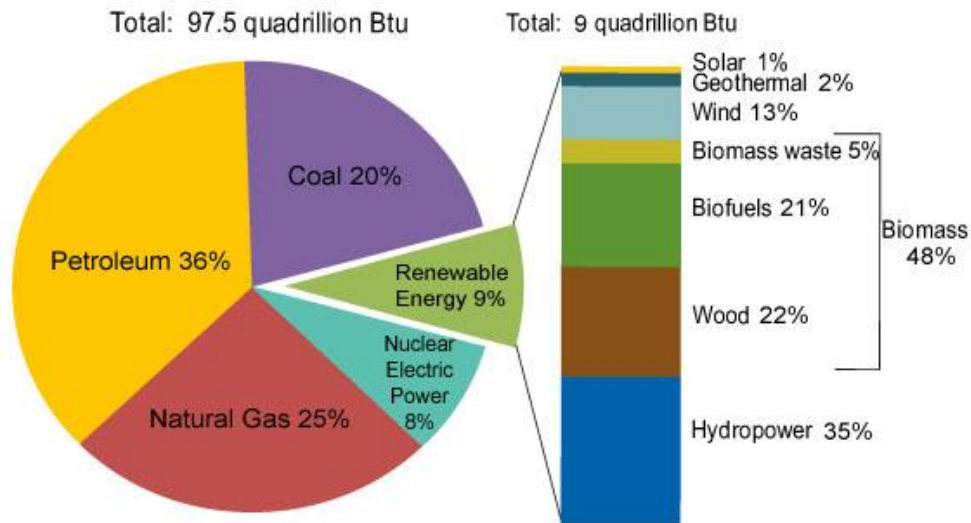


자료 : www.ren21.net, GSR 2012

예시) 미국의 에너지 사용

- 세계최대의 에너지 낭비국의 행태
- 전세계 인구의 4.6%, 전세계 상업에너지의 25% 사용
c.f. 전세계 인구의 16.3% 차지, 에너지의 3% 차지
- 미국 상업에너지의 93%는 재생불능 자원
 - 85%의 화석연료, 8%의 원자력
- 앞으로는 어떻게 될까?
 - 태양, 수소에너지 위주의 정책대안 제시 예정(해당분야 육성)
 - 지금까지 지원받아온 주력에너지(화석연료/원자력) 쪽은 이를 포기할까?
 - 다른 나라는 다를까?

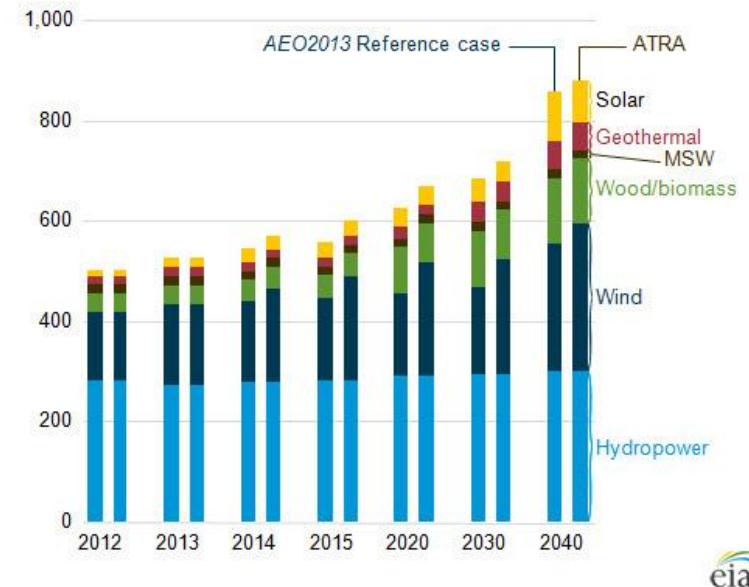
U.S. Energy Consumption by Energy Source, 2011



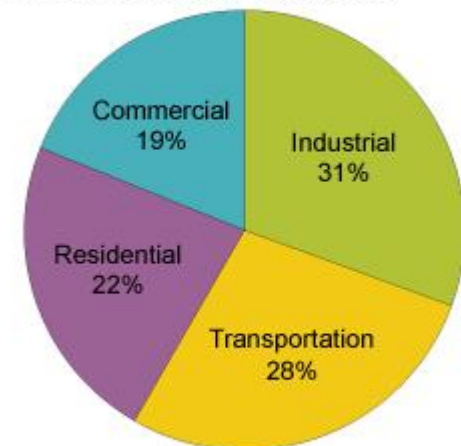
Source: U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*, Table 10.1 (March 2012), preliminary 2011 data.

자료 : <http://goldeneaglesjb.blogspot.kr/> 에서 재인용
<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=11371>,

Figure 16. Renewable electricity generation in two cases, 2012-2040 (billion kilowatthours)



Share of Energy Consumed by Major Sectors of the Economy, 2011



Source: U.S. Energy Information Administration, *Annual Energy Review 2011*, (September 2012).

어떤 에너지를 사용할까?

-사용할 에너지 자원의 결정

- 앞으로의 에너지 사용을 위한 에너지 정책
 - 대체에너지로의 점진적 전환 필요
 - 최소 50년 이상의 기간, 막대한 투자 필요
 - 다음과 같은 질문에 긍정적인 답이 있어야
 - 이 에너지원은 가까운 미래와 먼 미래에 얼마나 많은 양이 이용가능한가?
 - 이 에너지원의 순에너지 산출량은 얼마인가?
 - 이 에너지의 개발, 단계적 전환, 사용에 얼마의 비용이 들까?
 - 이 에너지원 개발에 정부의 보조금과 세금감면 정도는?
 - 이 에너지원이 국가와 지구경제, 군사적 안전에 미치는 영향은?
 - 이 에너지원의 테러리즘 노출 정도는?
 - 추출, 운반, 사용에 따르는 환경/인체/지구기후영향은?

'순에너지'란?

- 에너지를 얻는 데는 또 다른 에너지가 사용된다

e.g. 원유 사용을 위해서는 탐사, 시추, 정유소 운반, 사용가능 기름으로 전환, 소비자 전달, 사용

순에너지) 어느 한 에너지원의 주어진 양으로부터 이용가능한 질 좋은 에너지의 사용가능한 양

= 소비자가 사용가능한 유용한 에너지 총량

= 에너지원의 사용가능시간 동안 사용가능한 전체에너지 - 사용된 에너지 양, 자동적으로 손실된 양, 소비자에게 가기 전에 거치는 발전, 처리, 농축 및 운반과정에서 낭비된 양

- '사용가능한 순수입'과 유사

EROI (for US)	Fuel
100.0	Hydro
80.0	Coal
50.0	Nuclear (with centrifuge enrichment, with fast reactor or thorium reactor)
35.0	World oil production
35.0	Oil imports 1990
30.0	Oil and gas 1970
20.0	Oil production
18.0	Wind
18.0	Oil imports 2005
14.5	Oil and gas 2005
12.0	Oil imports 2007
10.0	Nuclear (with diffusion enrichment)
10.0	Natural gas 2005
8.0	Oil discoveries
6.8	Photovoltaic
5.0	Shale oil
5.0	Ethanol sugarcane
3.0	Bitumen tar sands
1.9	Solar flat plate
1.6	Solar collector
1.3	Ethanol corn
1.3	Biodiesel

$$EROEI = \frac{\text{Usable Acquired Energy}}{\text{Energy Expended}}$$

- 순에너지율이 높을수록 순에너지산출량은 높음
- 순에너지율이 1이하이면 순에너지 손실

- 단, 순에너지율은 비판이 많은 지표 중 하나
- 단일 공정이 없음
 - 어디까지가 투입에너지?
 - 기회비용 문제

e.g. 원자력 발전의 사후 비용, 폐기물처리비용 등은 제대로 포함되지 않는다

자료 : http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_returned_on_energy_invested

재생불능 화석연료

- 원유 - 대량의 탄화수소 화합물과 미량의 산소, 황, 질소 화합물로 구성된 점액질 액체
- 추출과 시추, 운송 시 해양오염, 토양오염
- 정유소에서 성분분리 종류
 - 가스/가솔린/등유/경유/벙커C유/납사/왁스/아스팔트, 타르...
 - 유기화학제품, 살충제, 플라스틱, 합성섬유, 페인트, 의약품 등의 원료 물질
- 많이 남았나? 대략 42~93년 가량 (정확하지는 않다)
 - 과대추정 가능성(세계은행 담보물, 정치적 맥락)

어떻게 쓸까?

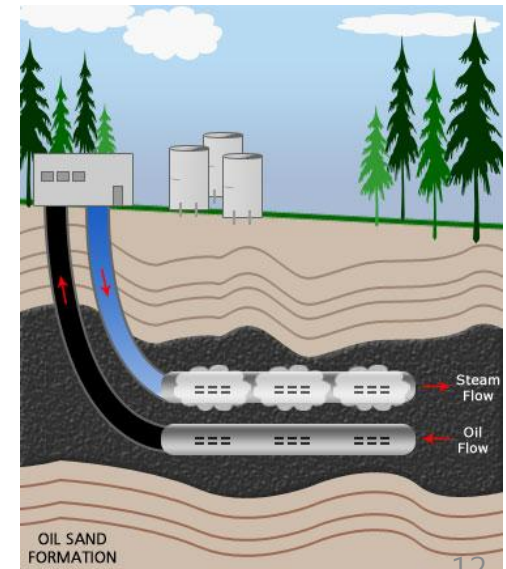
- 더 필요하다면...
 - 1) 더 많은 원유를 찾는다. e.g.
 - 2) 원유를 덜 사용하거나 버리지 않는다 e.g.
 - 3) 다른 것을 사용한다 e.g.
- 더 중요한 문제
 - 더 많이 필요한가? 지금만큼만 필요한가?
 - 중국은? 인도는? 발전한 개발국들은?
- 제일 중요한 문제
 - 석유 고갈 전에 지구온난화가 먼저 찾아올 것

또 다른 공급원을 찾아서 -비재래적 채취 원유

1. 오일샌드

- 진흙, 모래, 물, bitumen(점성질의 검은색, 황을 다량 함유한 중유) 혼합물
- 가압 고온 증기유입, 합성원유 형태로 추출
- 과거에는 비자원(비싸서) 현재 원유 가격 상승과 기술 발전으로 채취중

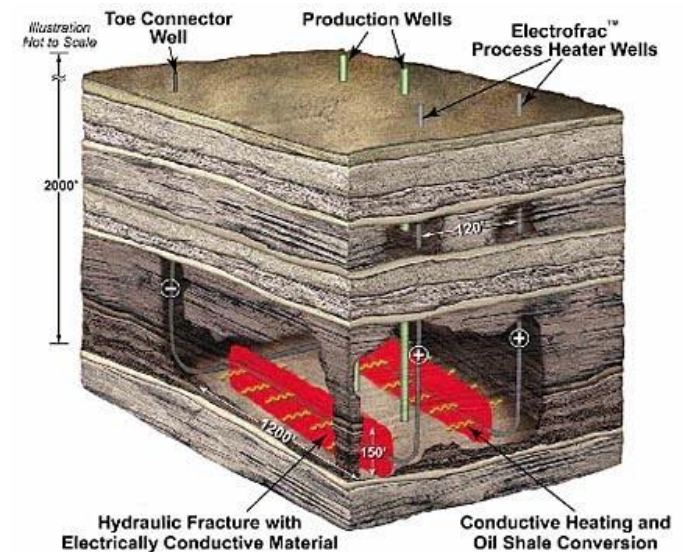
단점) 수질오염, 대기오염, 원유보다 더 많은 이산화탄소 배출 환경문제 관련 사이트



자료 : <http://www.zmescience.com/ecology/environmental-issues/oil-sand-exploitation-pollution-08012012/>
<http://www.cbc.ca/blueprintalberta/features/oilsands.html>

2. 혈암유(Oil Shale)

- 중유 공급 잠재원
- 고체+kerogen(왁스일종)
- 하부표면 제거후 암석을 파쇄시켜 증류기 이용, 가열, 케로진 증발
- 응축 증기는 혈암유
- 황/질소 등 불순물 제거 위해 가열하여 정제공장 이송
- 잠재 보유량은 전통 원유의 240배
- 질이 낮고, 채광비용, 케로진의 전환연료 가치가 낮음(수율 20%미만)
- 환경파괴가 훨씬 심함(관련자료)



자료 : http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_shale

<http://spinachinourteeth.wordpress.com/2012/03/01/a-recrunchification-and-rebuttal-oil-shale-the-remix-12/>

또 다른 공급원을 찾아서 - 천연가스

- 메탄, 에탄, 프로판, 부탄 + 유해성 황화수소
- 전통적으로는 유전층 상부
- 비재래식 천연가스는 유전과 독립존재
- 생산가능량은 전세계 100년 이상(안정적)

장점) 석유, 석탄보다 적은 이산화탄소, 순에너지양 높음, 대기오염 적음, 환경영향 적음

단점) 메탄 누출, 운송 어려움

석탄 – 또 다른 연료?

- 주로 탄소, 소량의 유황과 수은, 방사성 물질 포함
- 전세계 강철의 $\frac{3}{4}$, 전력의 62% 생산
- 세계에서 가장 많은 화석연료 214~1,125년 사용 가능
- 미국 25%/러시아 16%/중국 12% 보유

장점) 채광과 연소기술 고도화, 낮은 비용, 개선된 기술

단점)'매우높은' 환경영향, 대기 및 수질오염, 많은 부지, 대기 중으로 수은과 방사성 물질 배출, 다량의 이산화탄소

석탄-아깝지 않나?

‘청정 석탄’ – 합성천연가스, 합성휘발유

- 순에너지양 낮음, 석탄보다 비싸짐

‘막대한 정부보조금이 없다면 에너지원으로서의 역할은 기대하기 힘들다’

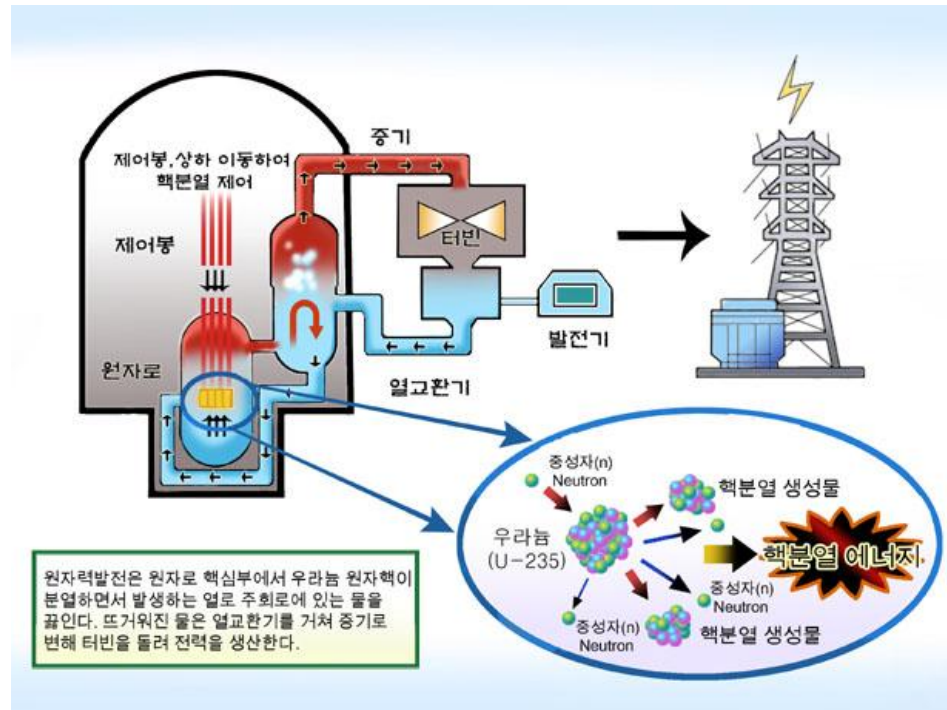
- 석탄보다 50% 더 많은 석탄 채광 필요, 석탄보다 더 많은 이산화탄소 배출

- 다량의 물 사용(수질오염)

원자력 발전 - 미래의 에너지원인가?

- 아주쉬운 설명
- 방사성 원자들끼리 분열할 때 나오는 에너지로 물을 끓여 증기를 만든 후 터빈을 돌려 교류 전기를 만든다

E =



자료 :

<http://www.scienceall.com/contents/contents.sca?to=contentsview&bbsid=617&pageno=1&articleid=245667&cate1=617F&cate2=&searchKind=T&searchKeyword=&pagesize=10>

원자력 발전 - 뭐가 문제?

- 연료로 사용되는 방사성 물질은 방사선을 갖지 않을 때 까지 수 십 만 년이 걸린다
 - 노출되면? 환경적 재앙
- 원자력발전소의 가장 중요한 안전성과 경제성 평가 근거는.... 핵연료 순환 전체
 - 폐기물 처리 문제
 - 폐로 문제
 - 무기화 문제

어떻게 할까?

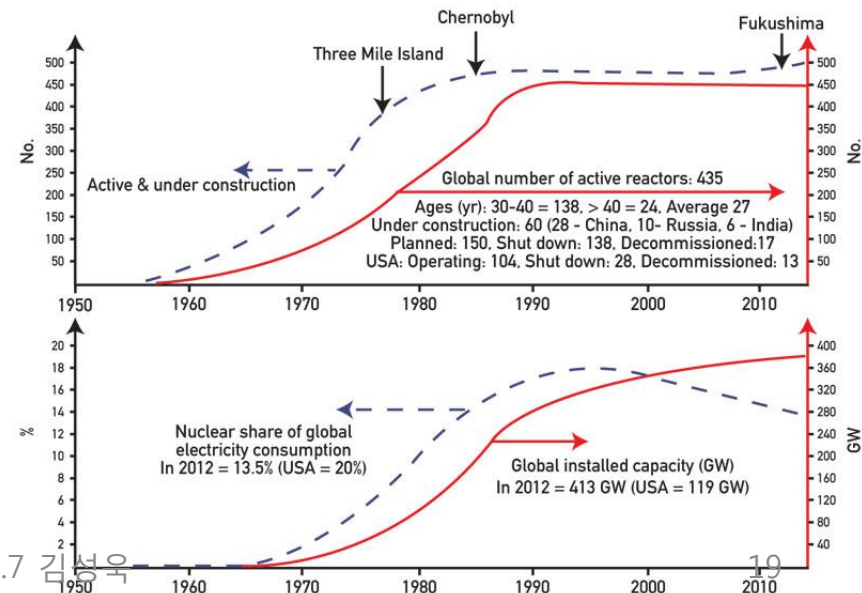
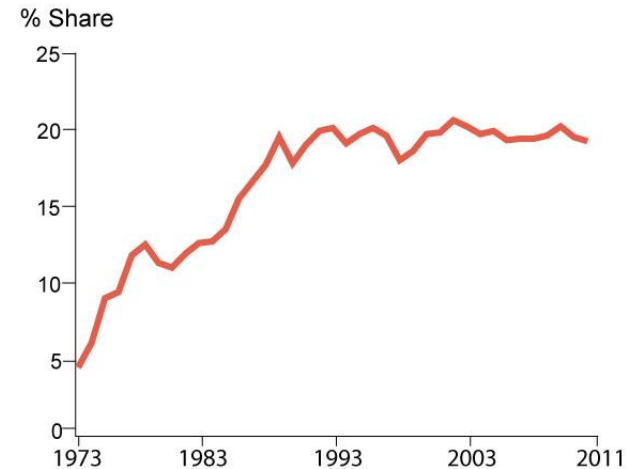
- 1) 즉시 철거하여 발전소를 폐쇄하고 핵폐기물 저장설비에 저장하고 해체 - 안전한가?
- 2) 장기보존법으로 장벽을 쌓고 24시간 감시하며 30~100년 두었다 철거
- 3) 보강법으로 강화 콘크리트로 반응기를 싸고 둘레에 장벽 쌓아 수천년 동안 침입자로부터 격리 매장 - 단가문제를 생각해보자

원자력 발전 - 저렴한가?

- 민영화가 되지 않는 이유
- 원자력 발전의 모태
- 안전성 담보 어려움 - 보험 거부
- 거대한 국가보조(핵무기용), 국가적 연구 및 투자에도 원자력은 성장하지 않는다
- 미국과 유럽의 태도 vs 동아시아 3국의 태도

자료 : <http://www.energytrendsinsider.com/2011/03/17/how-much-are-you-willing-pay-nuke-free/>
<http://www.controlglobal.com/articles/2012/liptak-nuclear-needs-process-automation.html>

Nuclear Share of Electricity Net Generation, 1973-2011



원자력의 문제

- 다루는 물질 자체의 위험성
- 초고가의 공사비
- 높은 운전비용
- 잦은 고장과 부실한 관리
- 폐로 어려움으로 인한 수명 연장
- 경제적 타당성 부족(보조금이 있어도 높은 비용)
- 테러 가능성 및 자연재해 위협 – 더 비싸진다
- 사고 시 전 지구적 영향력
- 노동자의 안전성 문제 및 이탈 문제(운전 안전성 더욱 악화)
- 폐기물 처분?

원자력 - 기후온난화 구제?

- 원자력으로 전기를 만들면... 온실가스 적게 나옴
- 진실? - 약...간 진실
- 원자력이 에너지 전체에서 차지하는 비율은 2.7%
- 위험성 vs 기후온난화 정도
- 원자력이 아니어도 대안은 많다

고속증식로는 어떤가?

- 고준위성 폐기물인 238 우라늄을 플루토늄 239로 전환하면... 더 많은 에너지 방출, 현재 쓰지 못하는 대부분의 우라늄 사용 가능
= 고속증식로
- 안전 문제 - 감속제로 나트륨/흑연 사용 - 폭발
- 증식로도 플루토늄 생산속도가 매우 느림
- 건설비용과 운전비용도 매우 비쌈(국가가 포기)
- 플루토늄 = 핵폭탄

핵융합은 어떤가?

- 태양의 에너지 생성 방식
 - 매우 가벼운 수소 등이 합쳐져 헬륨 생성
 - 무해하고 무한한 연료
- 루키는 루키일 뿐
- 지난 50년 간 루키인 존재
 - 1950년대 예측 “지금부터 50년 후에는 상용화...”
 - 2000년대 예측 “지금부터 50년 후에는 상용화...”

최종적 문제

- 화석연료가 가져온 것들

좋은 점)

- 대량생산시대, 운송 대변혁, 새로운 형태의 정보통신처리, 서비스 부문 성장
- 식량의 평균가용성 증가, 적절한 건강관리
- 전세계적으로 빠른 도시화 – 직업기회 제공
- 평균임금 증가, 재화와 서비스 구매력 증가
- 개인 기동성 증가, 국제무역의 지구화
- 전자공학의 발전으로 인터넷 사용, 정보이용가능성 증가

최종적 문제

나쁜 점)

- 기술진보 결과 정보 접근성이나 양질의 삶을 누릴 기회가 평균 소득보다 더 불공평해짐
- 국가 간 격차 심화
- 엄청난 에너지 투자로 핵무기 개발 가능
- 지구환경 악화
- 지구온난화 위협
- 화석연료 문명 오래 갈까?
 - 높은 채취비용, 환경비용
 - 화석연료 마지막 저장량 소진 전에 막을 내리게 될 것(바츨라프 스밀, 에너지란 무엇인가)

어떤 에너지를 사용할까?

1. 재생가능한 에너지

- 태양에너지, 수력, 풍력, 바이오매스, 수소, 지열
- 풍부한 자원, 재생가능성, 환경친화적

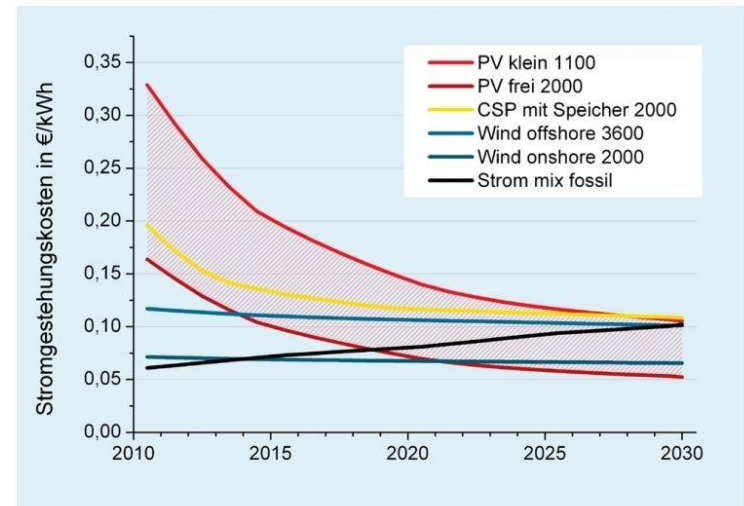
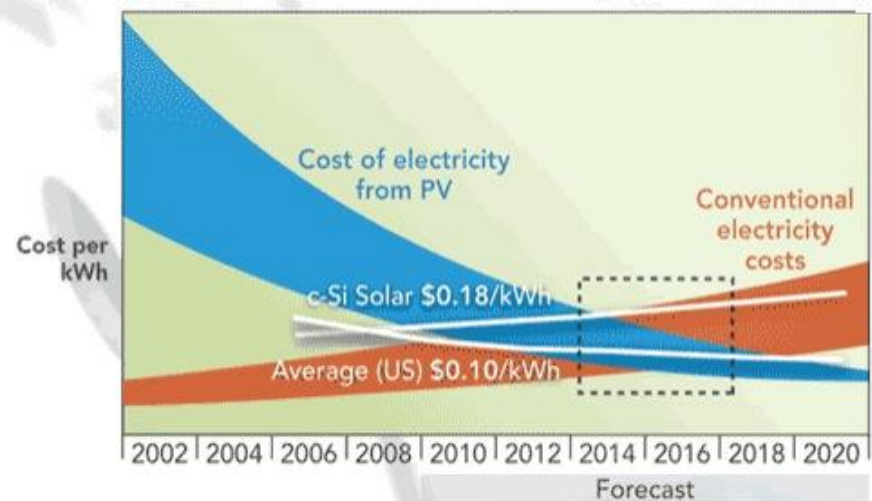
왜 쓰이지 않는가?

- 정부보조금 방향/외부효과
- 정책변화의 필요성과 당위성

앞으로는?

- Grid parity 달성 가능성
- 기술 발전과 화석연료 가격

자료 : <http://davebuemi.com/2010/12/03/the-end-of-the-world-as-we-know-it/>
<http://www.renewablesinternational.net/pv-to-be-cheapest-renewable/150/537/29937/>

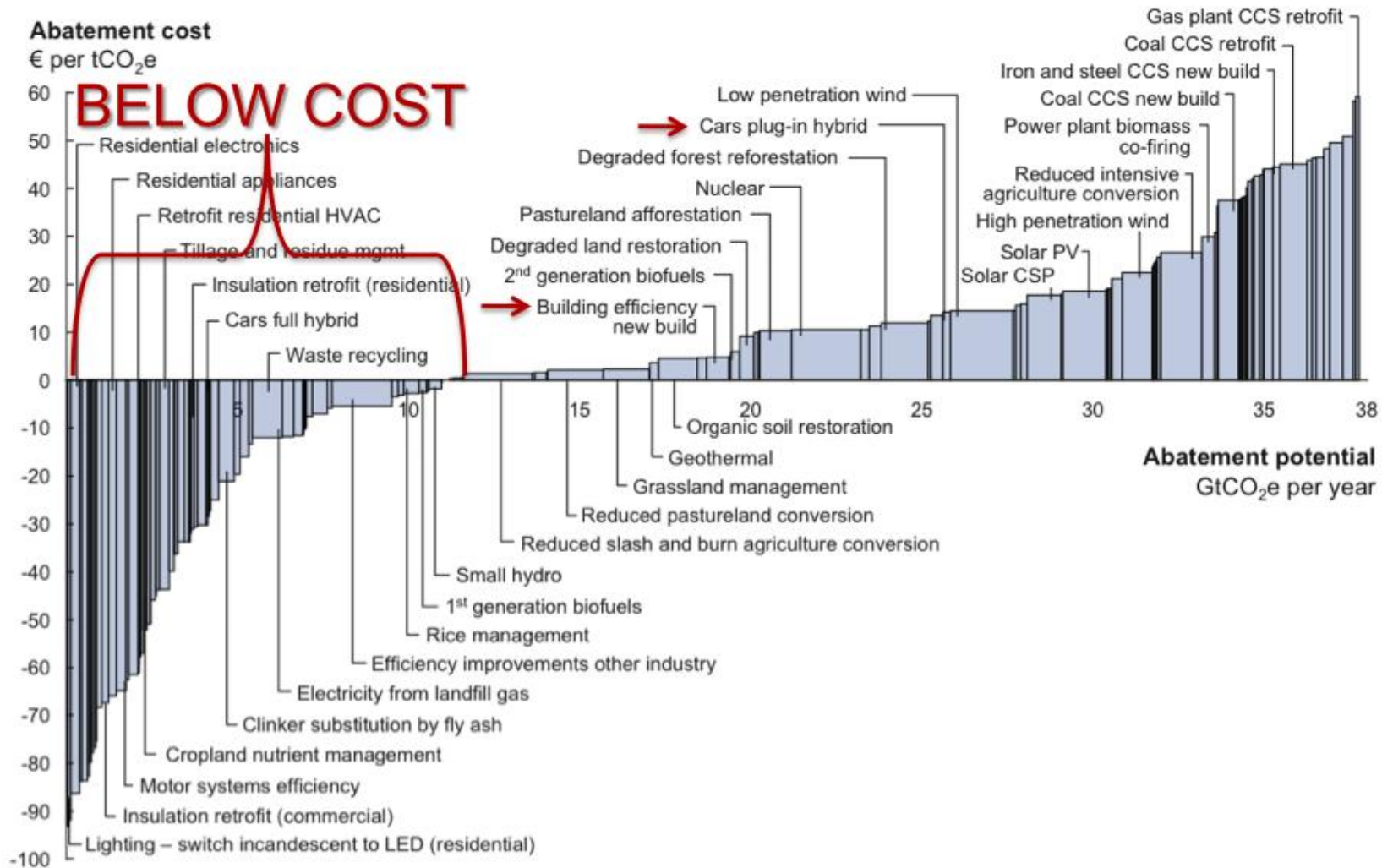


2. 더 중요하고 더 쉽고 더 절실한 방법

- 미국에서 사용되는 전체 상업용 에너지의 84%가 낭비됨
- 에너지 낭비 기계 교체, 고효율 제품으로의 이동
- 연비 증가, 하이브리드, 연료전지
- 고단열 건물,
- 정책의 중요성

MCKINSEY AND CO. "PATHWAYS TO A LOW-CARBON ECONOMY"

Global GHG abatement cost curve beyond business-as-usual – 2030



Note: The curve presents an estimate of the maximum potential of all technical GHG abatement measures below €60 per tCO₂e if each lever was pursued aggressively. It is not a forecast of what role different abatement measures and technologies will play.
Source: Global GHG Abatement Cost Curve v2.0